DESEMPENHO DE DIFERENTES EQUIPAMENTOS PARA MENSURAÇÃO DE DIÂMETRO A 1,30 m, ALTURA INDIVIDUAL TOTAL, E VOLUME DO FUSTE EM *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. f.) D. Don.

Ana Paula Dalla Corte¹; Carlos Roberto Sanquetta²; Karen Aline de Oliveira³; Alexandre Behling⁴; Vinicius Moraes Coutinho⁵

1. Prof. Dr. No Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná (anapaulacorte@gmail.com)
2. Prof. Dr. no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná
3. Mestranda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná
4. Doutorando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná
5. Mestrando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná
Centro de Excelência em Pesquisas sobre fixação de Carbono na Biomassa (BIOFIX), Universidade Federal do Paraná – UFPR
Av. Pref. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico, Curitiba – PR, 80.210-170 - Brasil

Recebido em: 08/04/2016 – Aprovado em: 30/05/2016 – Publicado em: 20/06/2016
DOI: 10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_038

RESUMO

A adoção de práticas de mensuração é essencial para a realização de inventários florestais. As variáveis podem ser obtidas de forma direta ou indireta com a aplicação de instrumentos óticos ou imagens de satélites. Os erros nas medições relacionados à adoção de práticas indiretas, muitas vezes, são desconhecidos. Por esse motivo, este estudo teve o intuito de avaliar o comportamento e respectivos erros nas medições com o emprego de equipamentos para a medição de diâmetros a 1,3 m (DAP), altura total individual (h) e volume individual (v) em 30 árvores de um plantio de *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. f.) D. Don localizado em Rio Negro – PR. Os equipamentos testados para DAP foram: fita métrica, Relascópio digital Criterion RD1000 e Suta mecânica. Para altura total testou-se o Clinômetro digital, Vertex e Trupulse. Já para o volume individual aplicou-se a determinação direta da cubagem pelo método de Smalian em comparação com a cubagem da árvore em pé com o Criterion RD1000. Foi também calculada a depreciação dos equipamentos considerando a taxa de importação de 60%. Os equipamentos mais sofisticados apresentaram maior custo por hora de trabalho. De maneira geral, os resultados obtidos nas comparações entre os instrumentos, para todas as variáveis, demonstraram que não há diferença significativa de acurácia para nenhum deles.

PALAVRAS-CHAVE: Criterion RD1000, Mensuração, Trupulse.

**PERFORMANCE OF DIFFERENT EQUIPMENTS FOR MEASUREMENT OF
DIAMETER AT 1,3 m, TOTAL HEIGHT, AND INDIVIDUAL VOLUME IN
Cryptomeria japonica (Thunb. ex L. f.) D. Don.**

ABSTRACT

Adopting measurement practices is essential in conducting forest inventories. Variables can be obtained either directly or indirectly using optical instruments or satellite images. Errors associated with indirect measurements are often unknown. For this reason, the present study sought to test the performance and the respective measurement errors in using several instruments for measuring diameters at 1,30 m (DBH), total height (h) and individual volume (v) in 30 trees from a plantation of *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. f.) D. Don located in Rio Negro, PR. Several pieces of equipment for measuring DBH were tested: tape measure, Criterion RD1000 digital relascope and mechanical caliper. Equipment used to measuring total height was also tested, including a digital clinometer, Vertex, and TruPulse. As for determining individual volume, direct estimation by the Smalian method was compared to the standing tree volume estimation by the Criterion RD1000. It was also calculated the depreciation of equipment considering the import duty of 60%. The most sophisticated equipment showed a higher cost per hour of work. In general, results from the instrument comparisons showed no significant difference in accuracy with respect to any of the variables.

KEYWORDS: Criterion RD1000, measurement, Trupulse.

INTRODUÇÃO

Na execução dos inventários florestais a prática de mensuração é realizada a fim de se ter informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais existentes na área. As variáveis comumente medidas são: os diâmetros a altura do peito (DAP), essenciais na estimativa das áreas transversal e basal, o quociente e fator de forma da árvore e seu volume, e as alturas totais (h), de fundamental importância nos cálculos de volume e nos estudos de sítio (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2006). As variáveis mensuradas podem ser obtidas diretamente por meio de equipamentos de medição, ou indiretamente através de sistemas óticos ou imagens de satélites. Para a obtenção de resultados precisos na execução das medições dendrométricas, todos os tipos de erros devem ser evitados.

Quando da realização dos inventários florestais em florestas plantadas, geralmente se busca a geração de estimativas de produção de madeira, expressa muitas vezes em volume (SANQUETTA et al., 2014). Para tanto, vale-se do relacionamento entre as variáveis como: diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (h), com a variável volume. Entretanto, como a obtenção da variável altura total é de mais difícil obtenção do que a variável DAP e, pensando no rendimento das atividades de campo e na redução de erros na coleta dessa informação, utiliza-se também do relacionamento entre essas duas variáveis para estimar h em parte das árvores levantadas através do desenvolvimento das relações hipsométricas (SOUZA et al., 2013).

Para medição de diâmetros a altura do peito, emprega-se normalmente fita métrica ou as sutas, sejam mecânicas ou digitais. Já para a obtenção da altura das árvores, vários aparelhos óticos são aplicados para medir variáveis a uma distância preestabelecida, de indivíduos em pé. Já a cubagem rigorosa da árvore, que tem

como objetivo o levantamento preciso do volume, é um processo demorado (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2006).

Uma alternativa a esse procedimento é o aparelho eletrônico conhecido como Criterion RD1000 que tem a capacidade de medição de diâmetros a diferentes alturas sem a necessidade de derrubada da árvore, processo esse que traz informações semelhantes à cubagem tradicional. As técnicas da fotogrametria terrestre também podem ser utilizadas para tal fim.

Em diversos trabalhos de inventários florestais a escolha dos equipamentos para a medição das variáveis dendrométricas é realizada de forma subjetiva, sem uma prévia comparativa em relação aos possíveis erros decorrentes dessa escolha.

O objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho das principais alternativas de equipamentos para medir o diâmetro à 1,30 m, a altura individual total e o volume em plantios de *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. f.) D. Don. Os seguintes equipamentos foram testados para a mensuração do DAP: fita métrica, Suta mecânica e Relascópio digital Criterion RD1000 da marca Laser Technology; para a altura total testou-se os equipamentos: trena, Vertex da marca Haglöl, Trupulse da marca Laser Technology e Clinômetro digital da marca Haglöl; para volume testou-se a aplicação do Relascópio digital Criterion RD1000 em comparação ao procedimento da cubagem rigorosa pelo método de Smalian.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi desenvolvido em um plantio de *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L. f.) D. Don. com 33 anos, de espaçamento 2,5 m x 1,6 m e sem desbastes, localizado no município de Rio Negro – PR. As coordenadas centrais do plantio são: 26°04' 02,40" S e 49°45' 58,76" W. A altitude média da região é de 793 metros. A precipitação total média anual é de 1400 mm e o clima é do tipo Cfb, conforme classificação de Köppen e com mais de 10 geadas por ano.

A amostragem das árvores para as coletas dendrométricas foi determinada a partir da distribuição diamétrica do povoamento sendo selecionados 30 indivíduos. Os tratamentos testados neste experimento para medição de diâmetro a altura do peito, altura total e volume, estão apresentados no quadro 1.

QUADRO 1: Tratamentos testados para as medições dendrométricas.

Diâmetro à altura do peito (dap)	Altura Total (h)	Volume (v)
T0* – Fita métrica	T0* – Medição com trena da árvore após a derrubada	T0* – Cubagem rigorosa pelo método de Smalian
T1 – Suta mecânica da marca Haglöl	T1 - Vertex da marca Haglöl	
T2 – Relascópio digital criterion RD1000 da marca Laser Technology	T2 - Trupulse da marca Laser Technology	T1 - Relascópio digital criterion RD1000 da marca Laser Technology
	T3 - clinômetro digital da marca Haglöl	

* Tratamento considerado testemunha

As mensurações do DAP foram obtidas com o Relascópio digital Criterion RD1000 e com duas medições perpendiculares da suta (tomando como valor de diâmetro a média dos dois valores) e foram confrontadas com os valores de

diâmetro obtidos pela medição de circunferências a altura do peito (transformadas em diâmetros através da fórmula da circunferência) realizadas com a fita métrica.

As medições de altura total da árvore em pé foram realizadas com o Vertex, Trupulse e clinômetro digital. Apesar de apenas o clinômetro digital necessitar o conhecimento prévio da distância entre o observador e o indivíduo avaliado, adotou-se a padronização de posicionamento em mesma distância para os demais equipamentos uma vez que essa variável não era objeto de investigação nesse trabalho. Após esses procedimentos as árvores foram derrubadas e a medição da altura total real foi realizada com auxílio de uma trena de 30 metros.

O volume individual em pé foi levantado empregando-se o Relascópio digital Criterion RD1000 com tripé. Já o volume individual rigoroso foi levantado através do método de cubagem de Smalian conforme descrito em MACHADO & FIGUEIREDO FILHO (2006).

Para verificar o efeito dos diferentes instrumentos utilizados para a mensuração do DAP, da altura total e do volume os dados foram submetidos à análise de variância, de acordo com os tratamentos propostos pelo trabalho relacionados aos diferentes instrumentos utilizados para a mensuração de cada variável. Os testes foram realizados no software *Statistical Analysis System* - SAS.

Inicialmente, foram testadas as pressuposições básicas da análise da variância (homogeneidade) através do teste de Bartlett, em que se identificou que nenhum tratamento precisava de transformação nos dados originais. Após atendimento dessa condicionante, foi realizada a análise de variância e o teste F. Também foi aplicado o teste *t* para amostras pareadas para comparar as variáveis em relação aos tratamentos testemunhas e foram avaliados os resíduos das variáveis nos tratamentos em relação as testemunhas, através da expressão:

$$\text{Erro(\%)} = \frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} * 100 \quad (1)$$

Em que Y_i corresponde ao valor da medida considerada como testemunha e $\hat{Y}_i$ ao valor observado.

Ainda, foi aplicado o índice de concordância de Willmott, proposto por WILLMOTT et al., (1985), que relaciona o afastamento dos valores estimados em relação aos observados, variando de zero para nenhuma concordância à 1 para concordância perfeita, sendo determinado por:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (2)$$

Em que P_i corresponde ao valor estimado; O_i ao valor observado e O à média dos valores observados.

Os seguintes equipamentos tiveram a sua depreciação estimada: Suta mecânica, Relascópio digital Criterion RD1000, Vertex, Trupulse e Clinômetro digital. A depreciação corresponde à perda do valor dos equipamentos com o passar do tempo e uso, e foi utilizado o método de depreciação linear para o cálculo (HIRSCHFELD, 1992):

$$D_h = \frac{V_c - V_r}{n \times h} \quad (3)$$

em que: Dh é a depreciação do equipamento por horas de trabalho; Vc é o valor de compra do equipamento, incluindo impostos e taxas em dólares americanos; Vr é o valor de revenda do equipamento, ou seja, 20% de Vc; n é a vida útil de 10 anos; e h são as horas efetivas de uso anual (6 horas por dia, 22 dias por mês e 12 meses no ano).

A depreciação também foi calculada considerando a taxa de importação de 60%. Todos os cálculos foram realizados utilizando-se dólares americanos. A cotação dos equipamentos foi realizada com base na consulta do catálogo Forestry Suppliers (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É possível observar na Tabela 1 a média real observada do diâmetro a 1,30 m (DAP) (T0 – fita métrica), a variância e coeficiente de variação, bem como nos tratamentos 1 (suta mecânica) e tratamento 2 (Relascópio digital Criterion RD1000). Pode-se observar a média real observada da altura (T0 - medição com trena após a derrubada), a variância e coeficiente de variação, em comparação com os equipamentos Vertex, Trupulse e Clinômetro digital. Complementarmente tem-se o valor médio encontrado para o volume pelo tratamento considerado testemunha (T0), ou seja, aplicação da cubagem rigorosa pelo método de Smalian, assim como a variância e coeficiente de variação em confronto com os valores encontrados para o tratamento 2 (Relascópio digital Criterion RD1000).

TABELA 1: Resultados médios e de dispersão para os tratamentos aplicados.

Variável	Tratamento	Média	s ²	CV%
dap (cm)	T0*– Fita métrica	24,44	27,23	21,35
	T1 – Suta mecânica**	24,19	31,42	23,18
	T2 – Relascópio digital Criterion RD1000***	24,30	30,39	22,69
h (m)	T0*– Medição com trena da árvore após a derrubada	21,81	11,83	15,77
	T1 – Vertex**	21,86	12,32	16,05
	T2 - Trupulse***	21,78	11,88	15,82
	T3 - Clinômetro digital**	21,66	12,21	16,13
v (m ³)	T0*– Cubagem rigorosa pelo método de Smalian	0,41	0,04	52,10
	T1 - Relascópio digital Criterion RD1000***	0,40	0,05	52,47

* Tratamento considerado testemunha. **Marca Haglöf. ***Marca Laser Technology.

A análise de variância aplicada para 95% de probabilidade, apontou não existirem diferenças significativas entre as médias dos tratamentos de diâmetro ($p = 0,9846$) para os 3 tratamentos avaliados para a espécie *Cryptomeria japonica*. Adicionalmente, aplicando-se o teste t pareado, confirmou-se a não existência de diferenças significativas entre as médias para 95% de probabilidade, tanto para o tratamento com suta mecânica ($t_{\text{calculado}} = 1,631087$) quanto para o tratamento com a aplicação do Criterion ($t_{\text{calculado}} = 0,568325$). Isso quer dizer que qualquer um dos equipamentos de medição pode ser aplicado para a mensuração da variável dendrométrica DAP.

A análise de variância para 95% de probabilidade, indicou que para a altura total também não existem diferenças significativas entre as médias dos 3 tratamentos para a espécie *Cryptomeria japonica* ($p = 0,9964$). No teste t pareado para os tratamentos para a variável altura, também não foram observadas

diferenças significativas ao nível de 95% de probabilidade (sendo: $T1 - t_{\text{calculado}} = 0,12092$; $T2 - t_{\text{calculado}} = 0,77089$; $T3 - t_{\text{calculado}} = 0,26990$). Isso quer dizer que qualquer equipamento de medição aqui avaliado pode ser aplicado para mensuração da altura total.

JESUS et al., (2012) testaram também o desempenho dos equipamentos (Haga, Suunto e Vertex) para a medição da variável altura e o estudo demonstrou que não houve diferenças significativas entre as médias das alturas quando comparado o F calculado com o F crítico para um nível de significância de 99%. Porém, mesmo não havendo diferença significativa entre os hipsômetros utilizados, o Suunto foi o aparelho que mais se aproximou da altura real.

CURTO et al., (2013) testaram os equipamentos Vertex, Clinômetro digital e o método com auxílio de régua graduada e concluíram que o Vertex e o Clinômetro consumiram menos tempo em relação à régua e que o Vertex apresentou melhor desempenho que o Clinômetro nas mensurações. NICOLETTI et al., (2012), ao comparar os equipamentos Criterion 400 e o dendrômetro digital RC3H com a cubagem rigorosa pelo método de Smalian, verificaram que os dois equipamentos apresentaram bom ajuste, porém o Criterion 400 forneceu estimativas mais exatas.

NICOLETTI et al., (2015) compararam o equipamento Criterion 400 e o RC3H com a cubagem rigorosa e concluíram que o Criterion 400 forneceu as melhores estimativas, tanto para o diâmetro do fuste quanto para o volume da árvore e por hectare. Observaram que o Criterion apresenta como vantagens o fato de medir os diâmetros ao longo do fuste sem necessidade de altura pré-definida e também por poder medir em alturas superiores ao RC3H. Em outro estudo, NICOLETTI et al., (2015) compararam o equipamento Criterion RD1000 com as medições reais feitas com uma suta e observou que mesmo fornecendo alguns erros nas estimativas, pode ser considerada uma ferramenta aplicável em florestas em que não é possível realizar as medições de forma destrutiva.

Os erros foram plotados em gráficos para facilitar a visualização de sua distribuição. A disposição dos erros em relação a variável real diâmetro à altura do peito (dap) permitiu a interpretação de eventuais tendências dos tratamentos na medida em que os diâmetros aumentam (Figura 1). Ao se observar a relação entre as medidas dos equipamentos dos tratamentos 1 e 2 com a testemunha (T0), percebe-se que ao se adotar o equipamento Criterion RD1000 o erro relativo apresenta uma tendência de maior dispersão em relação a suta mecânica em ambos os sentidos (para mais e para menos). Adicionalmente percebe-se que o tratamento com suta mecânica tende, em 87% dos casos (26 indivíduos), a subestimar o diâmetro a altura do peito em relação à testemunha.

FIGURA 1: Erro relativo dos tratamentos em relação ao tratamento testemunha. (a) T1 – dap com suta mecânica; (b) T2 – dap com Criterion RD1000.

Em termos gerais, observou-se uma diferença média subestimada para dap de 1,02% com a suta mecânica e 0,57% subestimados pelo relascópio digital Criterion modelo RD1000, ambos em relação à testemunha.

O clinômetro digital apresentou uma superestimativa de 0,23% em relação a testemunha. A medição com o Vertex III foi subestimada em 0,14% e com o Trupulse, mostrou uma subestimativa de 0,69%. MOURA (1994) citado por THAINES et al., (2010) mencionam sobre os problemas pertinentes à visibilidade de copa, apontando que na estimativa da altura de árvores em florestas nativas muitas vezes a falta de visibilidade e a inexperiência, entre outros fatores, podendo chegar a $\pm 10\%$.

Aplicando a análise de variância com a finalidade de identificar se existiam diferenças significativas ao nível de 95% de probabilidade, percebeu-se que nenhum dos tratamentos aplicados às medições de alturas diferiam entre si. Observando os erros relativos entre os tratamentos, não é possível perceber que houve uma semelhança em todos os tratamentos (Figura 2).

FIGURA 2: Erro relativo dos tratamentos em relação ao tratamento testemunha. (a) T1 – Vertex III; (b) T2 – Trupulse. (c) Clinômetro digital.

Observando o desempenho do equipamento Criterion RD1000 para a estimativa de volume, percebe-se que esse apresenta uma diferença média superestimada em 2,50%, apesar de a análise de variância, aplicada a 95% de probabilidade, não ter indicado diferenças significativas entre os métodos aplicados na medição de volume (Figura 3). Adicionalmente, não foi observada tendência na distribuição os erros relativos em relação à dimensão do diâmetro a altura do peito. Quando da aplicação do teste t pareado também não se observou diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade ($t_{\text{calculado}} = 0,733388$).

FIGURA 3: Erro relativo dos tratamentos em relação ao tratamento testemunha.

Na Tabela 2 estão apresentados os índices de concordância de Willmott calculados para os tratamentos aplicados em relação à testemunha. Esse índice deve ser interpretado para os valores de “d” variando entre 0 para nenhuma concordância e 1 para uma concordância perfeita. Observando os resultados, percebe-se que para todas as variáveis analisadas, esse índice foi elevado, indicando para uma concordância perfeita.

TABELA 2: Índice de Willmott e erro relativo médio dos tratamentos.

Variável	Tratamento	Índice de Willmott (d)	Erro Relativo
dap (cm)	T0*– Fita métrica	-	-
	T1 – Suta mecânica**	0,99	1,02
	T2 – Relascópio digital criterion RD1000	0,99	0,57
h (m)	T0*– Medição com trena da árvore após a derrubada	-	-
	T1 – Vertex	0,97	0,14
	T2 – Trupulse	0,98	0,69
	T3 - clinômetro digital	0,97	0,23
v (m³)	T0*– Cubagem rigorosa pelo método de Smalian	-	-
	T1 - Relascópio digital criterion RD1000	0,96	2,50

* Em relação ao tratamento testemunha.

Os valores e a depreciação dos equipamentos, cotados em dólares americanos, são destacados na Tabela 3. Evidente, que os equipamentos mais sofisticados resultaram em maior custo por hora de trabalho, porém, ressalta-se que cada qual tem sua aplicação. Tendo em vista que todos os equipamentos analisados se demonstraram apropriados em termos de acurácia para mensuração da altura, diâmetro e volume dos fustes, cabe ao gestor florestal decidir a melhor opção, cuja, o fator mais determinante envolverá o tipo de mensuração a ser realizada.

TABELA 3 - Cotação e depreciação dos equipamentos para mensuração de altura e diâmetros de uma árvore.

Equipamento	Cotação*	Dh	Dh _{TI}
Suta mecânica da marca Haglöf	\$154,00	\$0,01	\$0,01
Relascópio digital criterion RD1000 da marca Laser Technology	\$1.495,00	\$0,08	\$0,12
Vertex da marca Haglöf	\$1.840,00	\$0,09	\$0,15
Trupulse da marca Laser Technology	\$1.595,00	\$0,08	\$0,13
Clinômetro digital da marca Haglöf	\$235,00	\$0,01	\$0,02

Em que: Dh = é a depreciação do equipamento por horas de trabalho, Dh_{TI} = é a depreciação do equipamento por horas de trabalho considerando a taxa de importação de 60%.

* Fonte: Forestry Suppliers (2012).

Frequentemente surgem casos que é necessário cubar árvores sem o abate das mesmas, sendo tal técnica denominada de cubagem não destrutiva. Entretanto, com instrumentos manuais a mensuração dos diâmetros ao longo do fuste necessita de escalada, o que torna o trabalho não prático, e requer pessoas treinadas para subir em árvores, sendo demorado e de grau de dificuldade elevado, além de poder levar a erros de medição (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2006). Assim, um dendrômetro óptico é uma alternativa para a estimativa do volume da árvore em pé, mesmo que com o maior custo do equipamento. SILVA et al., (2012) ao avaliarem a influência de alguns fatores na mensuração florestal, concluíram que, comumente, os maiores erros são cometidos em árvores de maiores alturas e indicou que, nesse caso, as medições sejam feitas a distâncias de 20 a 25 m.

CLARK et al. (2000) citam que entre as vantagens dos instrumentos ópticos para fim de medições volumétricas estão a economia de tempo, a redução do erro e aumento da capacidade de coletar, manipular e extrair maior número de informações. Já entre as desvantagens, os esses autores destacam a durabilidade, confiabilidade e potência desses equipamentos. Desse modo, outras séries de indagações podem ser realizadas com as combinações dos outros equipamentos.

CONCLUSÕES

Para todas as variáveis analisadas (dap, altura e volume) conclui-se que todos os equipamentos testados apresentaram bom desempenho, não apresentando diferenças significativas nas estimativas produzidas a 95% de probabilidade e, portanto, todos poderiam ser aplicados nos levantamentos florestais.

Portanto, recomenda-se que na necessidade de escolha de equipamentos para serem empregados na realização de inventários florestais, sejam analisados outros aspectos que interferem nos erros relacionados às medições, por exemplo: as características da área e familiaridade de operador, para a seleção de equipamentos apropriados em cada caso.

REFERÊNCIAS

CLARK, N. A.; WYNNR, R. H.; SCHMOLDT, D. L. A review of past research on dendrometers. **Forest Science**, v. 46, p. 570-576, 2000. Disponível em: http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/VT_Publications/00t26.pdf.

CURTO, R. A.; SILVA, G. F.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, L. T.; DAVID, H. C. Métodos de estimação de altura de árvores em floresta estacional semidecidual. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, 2013. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/26791>. doi: 10.5380/rf.v43i1.26791

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. Atlas. São Paulo, Brasil. 465 p., 1992.

JESUS, C. M.; MIGUEL, E. P.; LEAL, F. A.; IMAÑA ENCINAS, J. Avaliação de diferentes hipsômetros para medição da altura total em um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 291-299, 2012. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/avaliacao%20de%20diferentes.pdf>.

MACHADO, S. A.; FILHO, A. F. **Dendrometria**. Curitiba, Brasil. UNICENTRO, 2006. 309 p.

NICOLETTI, M. F.; BATISTA, J. L. F.; CARVALHO, S. P. C.; CASTRO, T. N. Acurácia de dois dendrômetros ópticos na cubagem não destrutiva para a determinação da biomassa florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 70, p. 139-149, 2012. Disponível em: <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/329>>. doi: 10.4336/2012.pfb.32.70.23

NICOLETTI, M. F.; BATISTA, J. L. F.; CARVALHO, S. P. C.; CASTRO, T. N.; HESS, A. F. Exatidão de dendrômetros ópticos para determinação do volume em árvores em pé. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 395-404, 2015. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/18458>>. doi: 10.5902/1980509818458

NICOLETTI, M. F.; SILVA, E.; FLORIANI, M. M. P. Metodologia não destrutiva para quantificação do volume e biomassa do fuste em remanescente florestal. **Nativa, Sinop**, v. 03, n. 04, p. 287-291, 2015. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/index.php/nativa/article/view/3062>>. doi: 10.14583/2318-7670.v03n04a11

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; RODRIGUES, A. L.; WATZLAWICK, L. F. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. Curitiba, Brasil. FUPEF, 2014. 409 p.

SILVA, G. F.; OLIVEIRA, O. M.; SOUZA, C. A. M.; SOARES, C. P. B.; LEMOS, R. Influência de diferentes fontes de erro sobre as medições de alturas de árvores. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602012000300006>. doi: 10.1590/S0104-77602012000300006

SOUZA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B.; JÚNIOR, V. C. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudeste da Bahia. **Scientia Plena**, v. 9, n. 4, 2013. Disponível em <<http://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/771/671>>.

THAINES, F.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P.; THAINES, A. A. R. Equações para estimativa de volume de madeira para a região da bacia do Rio Ituxi, Lábrea, AM. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 64, p. 283-289, 2010. Disponível em: <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/155>>. doi: 10.4336/2010.pfb.30.64.283

WILLMOTT, C. J. et al. Statistics for evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, n. C5, p. 8995-9005, 1985. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1808/9389>>. doi: 10.1029/JC090iC05p08995